PART4 地球内部を構成する物質

目標　地球全体，核，マントルの主要な元素組成を挙げることができる。

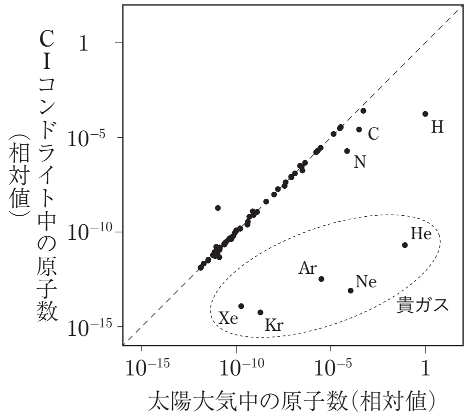
Chapter1　地球内部を構成する元素

ここまでに，地震波の伝わり方をもとにして地球の内部構造を推定できるということを学びました。地球内部を構成する元素については，どのように推定されているのでしょうか。

地球全体の元素組成

・隕石と太陽大気の元素組成

隕石のうち特定のグループのもの〔CI コンドライト〕の元素組成は，一部を除いて太陽大気の元素組成と非常によく似ている。これは太陽系のもとになった物質の元素組成をよく保存していると考えられており，地球全体の元素組成とも近い。



・地球全体の元素組成

約 30% 含まれる……Fe，O

約 15% 含まれる……Si，Mg

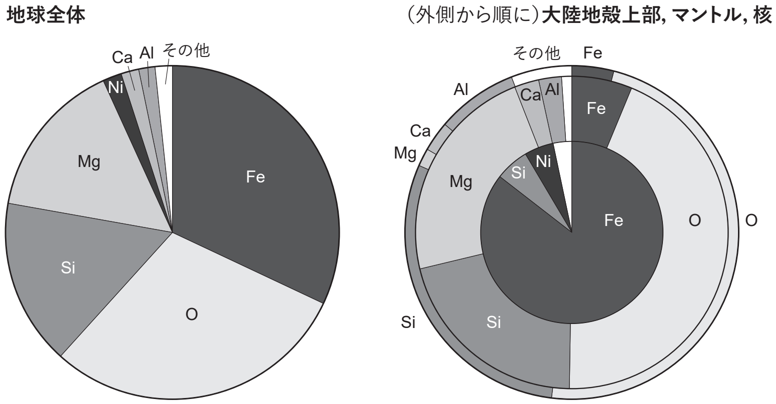
約 2% 含まれる　……Ni，Ca，Al

知っておこう

太陽大気中の原子数とくらべてCI コンドライト中の原子数が大幅に少ない元素は，揮発性元素とよばれる元素です。これらは気体の形で存在しやすい元素であり，H, C, N のほか，He や Ar などの貴ガスが含まれます。気体になってしまうので，隕石の中にはあまり残っていないんですね！

知っておこう

太陽大気の元素組成は，太陽の光を詳しく観測することでわかります。これについては天文分野で詳しく扱います。



左の図は，地球全体の元素組成を多い順に示したもの。
右の図は，地球全体で質量比の大きな7つの元素について，大陸地殻上部，マントル，核に含まれる割合（質量比）を示したもの。元素は左の図と同じ順に示している。

地球内部の層構造と元素組成

・核に多い元素

原始地球を構成する物質の大部分が融けたとき，酸素と結合しなかった金属は密度が大きいために沈降し，中心部に集まり核となった。

→ Fe や Ni は，核に多い。

・地殻やマントルに多い元素

地殻やマントルは，地球全体のうち核を作った成分を除いた残りであり，O［酸素］とさまざまな元素が結びついた成分からなる。

→地殻やマントルに最も多い元素は O であり，Si，Mg，Ca，Al も地殻やマントルに多い。特に，

・Si，（Mg / Al）は地殻に多い

・（Mg / Al）はマントルに多い

※上の図で，大陸地殻上部の「その他」には Ca より少なく Mg より多い［約 2% の］Na，K が含まれる。

まとめ

・地球全体の元素組成のうち，最も多い 2 つは＿＿＿と＿＿＿，次に多い 2 つは＿＿＿と＿＿＿である。

・核に最も多い元素は＿＿＿であり，マントルに最も多い元素は＿＿＿である。

Chapter2　演習問題

　ここでは，地球を構成する元素について，単純化したモデルを用いて考えてみましょう。体積および質量の小さな地殻は無視して，地球はマントルと核から構成されているものとします。

問題(1)　次の文章中の空欄［　**ア**　］～［　**キ**　］に入る式を答えましょう。ただし，円周率をπとします。

　地球の半径をR_0，核の半径をR_1とする。また，地球の体積をV_0，核の体積をV_1とする。このとき，R_0，R_1を用いて

$$V_0 = [\quad \text{ア} \quad]$$

$$V_1 = [\quad \text{イ} \quad]$$

と表せて，

$$\frac{V_1}{V_0} = [\quad \text{ウ} \quad] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

だといえる。

　さらに，地球の密度をρ_0，核の密度をρ_1とする。また，地球の質量をM_0，核の質量をM_1とする。このとき，ρ_0，ρ_1，V_0，V_1を用いて

$$M_0 = [\quad \text{エ} \quad]$$

$$M_1 = [\quad \text{オ} \quad]$$

と表せて，

$$\frac{M_1}{M_0} = [\quad \text{カ} \quad] \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

である。

　①②より，ρ_0，ρ_1，R_0，R_1を用いて

$$\frac{M_1}{M_0} = [\quad \text{キ} \quad]$$

と表せる。

復習

球の体積（中学数学）
半径rの球の体積をVとすると，

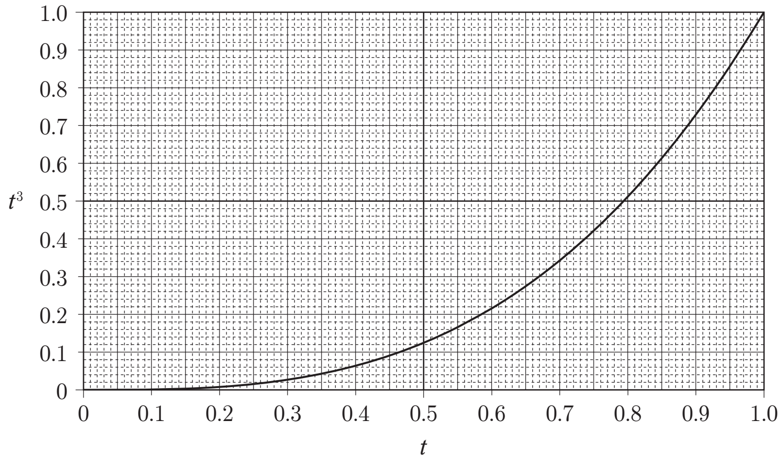
$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

と表せます。

ここがPOINT

密度は単位体積あたりの質量なので，
　(密度)×(体積)＝(質量)
です！

問題(2)　下の文章中の空欄［　**ク**　］・［　**ケ**　］に入る数値を上から２桁の概数で答えましょう。必要であれば，t と t^3 との関係を表した次の図を用いてもかまいません。



地球の半径を 6400km，核の半径を 3500km とする。また，地球の密度を 5.5g/cm^3，核の密度を 11g/cm^3 とする。

このとき，**問題(1)**の結果より

$$\frac{M_1}{M_0} = [\quad \textbf{ク} \quad]$$

と求められるので，

$$M_1 = [\quad \textbf{ク} \quad]\, M_0 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ③$$

と表せる。

ここで，質量比で考えると，鉄は地球全体のうち 32%，マントルのうち 6.4%，核のうち x % をそれぞれ占めているとする。このとき，地球全体の鉄の質量がマントルの鉄の質量と核の鉄の質量の和であることから

$$M_0 \times \frac{32}{100} = (M_0 - M_1) \times \frac{6.4}{100} + M_1 \times \frac{x}{100} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots ④$$

と表せる。③④より，

$$x = [\quad \textbf{ケ} \quad]$$

と求められる。

第1講　PART4　確認問題

次の文章を読み，下の問いに答えよ。

問１　地球は層構造をしており，それぞれの層を比べると，構成している物質や岩石が異なっている。したがって，それぞれの層の元素組成も異なっている。それを推定した例の一つが，下の表である。なお，A ~ C は，それぞれ地殻，マントル，核のいずれかに相当する。このような地球内部の元素組成は，地震波の分析，岩石の高温高圧実験，（　ア　）大気の元素組成，隕石の分析などから推定されている。

元素名	地球全体	A	B	C
Mg	12.7	23.3	3.1	—
イ	—	1.8	8.1	—
ウ	15.2	21.3	25.8	—
Ca	—	2.2	6.3	—
エ	34.5	6.3	6.5	89.6
Ni	2.4	—	—	5.4
オ	29.5	44.2	45.0	—

（質量％）

(1)　空欄アに当てはまる語句として最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。

①　太陽　　②　金星
③　火星　　④　木星

(2)　表中の A ~ C について，それぞれどこに相当するのか。その組合せとして最も適当なものを，次の①~④のうちから一つ選べ。

①　A：マントル，B：地殻，C：核
②　A：マントル，B：核，C：地殻

③　A：核，B：マントル，C：地殻

④　A：核，B：地殻，C：マントル

(3)　表中のイ～オに当てはまる元素の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　イ：Al，ウ：Si，エ：Fe，オ：O

②　イ：Si，ウ：Al，エ：O，オ：Fe

③　イ：Fe，ウ：O，エ：Al，オ：Si

④　イ：O，ウ：Fe，エ：Si，オ：Al

第 1 講　地震波と地球の内部構造

PART1　近地地震の走時曲線

問題(1)　ア：80 km　イ：64 km　ウ：4.5 s　エ：144 km

問題(2)　2 倍，2 倍，2 倍，傾き，2 倍，比例する

PART2　アイソスタシー

問題(1)　ア：Sd_1　イ：$\rho_1 Sd_1$　ウ：$\rho_3 Sh_1$

エ：$S(\rho_1 d_1 + \rho_3 h_1)$　オ：$S\{\rho_2 d_2 + \rho_3(h_1 + h_2)\}$

カ：$\rho_2 d_2 + \rho_3 h_2$

問題(2)　20 km，h_2 の方が大きい

PART3　遠地地震の走時曲線

問題(1)　ア：AH　イ：OA　ウ：$2R\sin\dfrac{\Delta}{2}$

問題(2)　0，21，37，43　【※図参照】

問題(3)　4000 km

問題(4)　大きすぎる，大きく

PART4　地球内部を構成する物質

問題(1)　ア：$\dfrac{4}{3}\pi R_0{}^3$　イ：$\dfrac{4}{3}\pi R_1{}^3$　ウ：$\left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^3$

エ：$\rho_0 V_0$　オ：$\rho_1 V_1$　カ：$\dfrac{\rho_1 V_1}{\rho_0 V_0}$　キ：$\dfrac{\rho_1}{\rho_0}\left(\dfrac{R_1}{R_0}\right)^3$

問題(2)　ク：0.33　ケ：84

第1講　PART4　確認問題　解答

問 1

(1)　①

解説：

太陽大気やある種の隕石の元素組成は，太陽系のもとになった物質の元素組成をよく保存していると考えられている。

(2)　①

解説：

C はただ一つの元素が 90% 近くを占めているので核，A は 2 番目に多い元素が Mg なのでマントルとなる。

(3)　①

解説：

地球全体で最も多い元素が Fe, 次が O となる。また B（地殻）で 2 番目に多いものが Si，3 番目に多いものが Al となる。